

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-072007

(43)Date of publication of application : 12.03.2002

(51)Int.Cl.

G02B 6/26
G02B 6/28
G02B 6/38
G02B 6/42
H04B 10/24

(21)Application number : 2000-268376

(71)Applicant : HITACHI LTD
HITACHI CABLE LTD

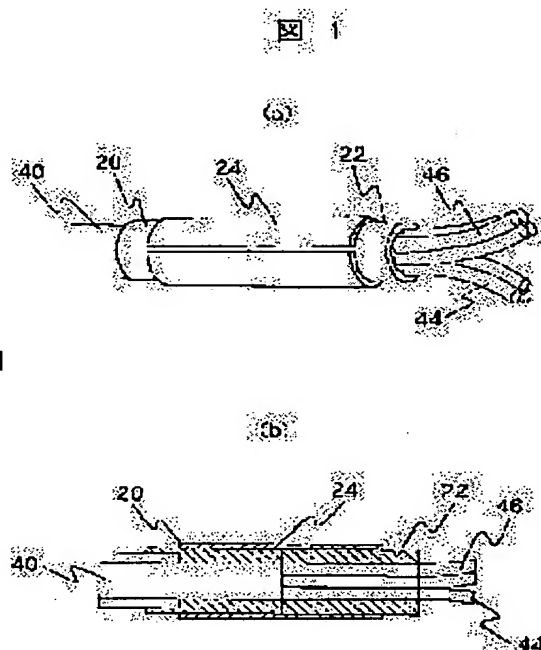
(22)Date of filing : 31.08.2000

(72)Inventor : SUGITA TATSUYA
ABE TOMIYA
HIRANO MITSUKI

(54) OPTICAL BRANCH COUPLER, BRANCHING OPTICAL FIBER AND SINGLE FIBER BI-DIRECTIONAL OPTICAL TRANSMITTING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical branch coupler, a branching optical fiber and a single fiber bi-directional optical transmitting device which are simple in constitution and are small in loss/crosstalk.
SOLUTION: A ferrule 20 to which a transmitting optical fiber 40 is fixed is connected to a ferrule 22 to which a transmitting optical fiber 44 and a receiving optical fiber 46 are fixed so that optical fiber end surfaces are butted using a sleeve 24. Joining surfaces between the ferrule 20 and the ferrule 22 are stuck and fixed using an optical adhesive or a ultraviolet ray setting resin. A fiber array which bundles fibers up is used for the transmitting optical fiber 44 and the receiving optical fiber 46.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-72007
(P2002-72007A)

(43) 公開日 平成14年3月12日 (2002.3.12)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームト [*] (参考)
G 0 2 B	6/26	G 0 2 B	2 H 0 3 6
	6/28		2 H 0 3 7
	6/38		5 K 0 0 2
	6/42		T
H 0 4 B	10/24	H 0 4 B	G
		審査請求 未請求 請求項の数12	O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2000-268376(P2000-268376)

(22) 出願日 平成12年8月31日 (2000.8.31)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(71) 出願人 000005120

日立電線株式会社

東京都千代田区大手町一丁目6番1号

(72) 発明者 杉田 辰哉

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(74) 代理人 100075096

弁理士 作田 康夫

最終頁に続く

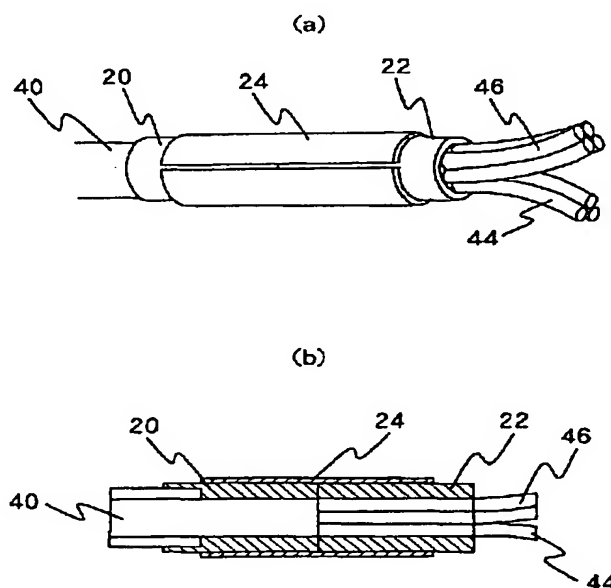
(54) 【発明の名称】 光分岐結合器、分岐光ファイバ及び単芯双方向光伝送装置

(57) 【要約】

【課題】 簡易な構成で損失・クロストークの少ない光分岐結合器、分岐光ファイバ、単芯双方向光伝送装置を提供すること。

【解決手段】 伝送用光ファイバ40を固定したフェルル20と送信用光ファイバ44と受信用光ファイバ46を固定したフェルル22は、スリーブ24を用いて光ファイバ端面を突き合わせるように接続されている。フェルル20とフェルル22との接合面は、光学接着剤または紫外線硬化樹脂を用いて接着・固定する。送信用光ファイバ44と受信用光ファイバ46にはファイバを束ねたファイバアレイを用いている。

図 1



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】二つ以上の光分岐枝を有し、第一の光伝送媒体に光を結合・分岐する光分岐結合器において、前記光伝送媒体との接続部にて複数本の第二の光伝送媒体を接続し、前記光分岐結合器の少なくとも一つの前記光分岐枝は、二本以上の前記第二の光伝送媒体で構成され、少なくとも一つの前記光分岐枝を構成する前記第二の光伝送媒体の本数が他の前記光分岐枝を構成する前記第二の光伝送媒体の本数と異なることを特徴とする光分岐結合器。

【請求項 2】請求項 1 記載の光分岐結合器において、前記光分岐結合器と前記第一の光伝送媒体とを光コネクタを用いて接続し、前記光コネクタにより、前記光分岐結合器と前記第一の光伝送媒体とを分離可能としたことを特徴とする光分岐結合器。

【請求項 3】請求項 1 記載の光分岐結合器において、前記第一の光伝送媒体の外径が 1.24 mm 以上、1.6 mm 以下であることを特徴とする光分岐結合器。

【請求項 4】第一の光伝送媒体と第一の光伝送媒体に接続する送信用と受信用の光分岐枝とを有し、光信号の送信と受信を行う光伝送装置に接続して、前記光信号を第一の光伝送媒体を用いて伝送する分岐光ファイバであって、前記受信用光分岐枝が二本以上の第二の光伝送媒体で構成され、前記送信用光分岐枝が第三の光伝送媒体で構成され、前記第一の光伝送媒体端面において、前記第二の光伝送媒体と前記第三の光伝送媒体と接続され、前記第一の光伝送媒体の前記端面において、第二の光伝送媒体断面の総断面積が、前記第三の光伝送媒体断面の総断面積よりも大きいことを特徴とする分岐光ファイバ。

【請求項 5】請求項 4 記載の分岐光ファイバにおいて、前記光伝送装置に接続する光ファイバ径 d に対し、前記第一の光伝送媒体の外径 D が、 $1.24 d \leq D \leq 1.6 d$ を満たすことを特徴とする分岐光ファイバ。

【請求項 6】請求項 4 記載の分岐光ファイバにおいて、前記第一の光伝送媒体と前記第二の光伝送媒体、前記第三の光伝送媒体の接合部に光学部材を充填し、固定したことを特徴とする分岐光ファイバ。

【請求項 7】請求項 4 記載の分岐光ファイバにおいて、前記第一の光伝送媒体と前記第二の光伝送媒体、前記第三の光伝送媒体とを光コネクタを用いて接続し、前記光コネクタにより、前記第一の光伝送媒体と前記第二の光伝送媒体、前記第三の光伝送媒体とを分離可能としたことを特徴とする分岐光ファイバ。

【請求項 8】請求項 7 記載の分岐光ファイバにおいて、第三の光伝送媒体に入射した光量に対し、第二の光伝送

2

媒体から出射される光量が、 -25 dB 以下であることを特徴とする分岐光ファイバ。

【請求項 9】請求項 4 および 5 記載の分岐光ファイバにおいて、第一の光伝送媒体がプラスチック光ファイバであり、 130°C において 3000 時間保持したときの光透過率の増加が 1.0 dB 以下であることを特徴とする分岐光ファイバ。

【請求項 10】光信号を第一の光伝送媒体に送出する光源と前記第一の光伝送媒体からの光信号を検出する光検出器と前記第一の光伝送媒体を接続する光コネクタとを有する単芯双方向光伝送装置において、前記光検出器と前記第一の光伝送媒体とを二本以上の第二の光伝送媒体で接続し、前記光源と前記第一の光伝送媒体とを第三の光伝送媒体で接続したことを特徴とする単芯双方向光伝送装置。

【請求項 11】光信号を第一の光伝送媒体に送出する光源と第一の光伝送媒体からの光信号を検出する光検出器と第一の光伝送媒体を接続する光コネクタとを有する単芯双方向光伝送装置において、前記光源と前記第一の光伝送媒体とを第二の光伝送媒体で接続し、前記光検出器と前記第一の光伝送媒体とを光学部材を用いて接続し、前記第二の光伝送媒体を前記光伝送媒体に設けた孔部を通して配したことを特徴とする単芯双方向光伝送装置。

【請求項 12】請求項 11 および 12 記載の単芯双方向光伝送装置において、全二重光通信を行うことを特徴とする単芯双方向光伝送装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信、特にプラスチック光ファイバを用いた単芯双方向光通信に用いる光ファイバに接続する光分岐結合器、光分岐結合器を接続した光ファイバ及び光通信を行う光伝送装置に関する。

【0002】

【従来の技術】特開平 6-34833 号公報に、高分子光導波路からなり、光信号を分岐・合流させるための光回路に、光ファイバと、発光素子または受光素子を接続した光送受信部品が開示されている。

【0003】また、特開平 11-352364 号公報に、光ファイバに接続されて、送信しようとする第 1 光信号を光ファイバに入射させるとともに、光ファイバを介して送られてくる第 2 光信号を受けるための光送受信装置であり、第 1 光信号を光ファイバ端面から出射する第 2 光信号とは重ならない領域に入射させる一芯双方向の光送受信装置が開示されている。

【0004】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の光送受信部品に用いられている高分子光導波路からなる光回路においては、表面の凹凸等、作製時の誤差により過剰損失と称される光損失が生じる。光分岐結合器における過剰損失は、光ファイバにおける損失よりも大きく、光分岐結合器を用いる場合の問題点となっていた。特に、発光素子から光回路に入射した光は、理想的には損失なく光ファイバに結合されるが、現実には上記の光回路作製上の誤差により光損失が生じ問題であった。また、従来の光回路を光ファイバに結合した場合、光回路内での光散乱や光回路・光ファイバ端面での反射により、送信した光信号が同じ光分岐回路に結合された受光素子で検出され、大きなクロストークが生じる。光信号を送信するとともに、相手側から送られてきた光信号の受信を同時に行う全二重光通信を行う場合には、このクロストークにより伝送誤りが増加するとともに、クロストークが大きい場合には通信そのものが行えなくなるという問題点があった。

【0005】また、従来の光送受信装置は、光ファイバと光検出器が離れているため、光ファイバからの受信光信号が広がり効率よく光信号を受信するには面積の大きな光検出器が必要となる。しかし、高速な光信号を受信する場合には受光面積を大きくすることができず、特にプラスチック光ファイバのように径の大きな光ファイバの場合には特に問題となる。また、クロストークを低減するために光ファイバへの光入射部と光受光部を分離しているが、それぞれの光路については物理的に分離されておらず、光ファイバ端面の凹凸により送信光の反射方向が変化し、クロストークを生じ易いという問題点があった。

【0006】本発明はかかる問題点を解決するためになされたものであり、本発明の目的は、簡易な構成で損失の少ない光分岐結合器を提供することである。

【0007】本発明の別の目的は、クロストークが少なく単芯双方向光通信可能な光分岐結合器、分岐光ファイバ、単芯双方向光伝送装置を提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明は、二つ以上の光分岐枝を有し、第一の光伝送媒体に光を結合・分岐する光分岐結合器であって、前記光伝送媒体との接続部において、複数本の第二の光伝送媒体を接続し、前記光分岐結合器の少なくとも一つの前記光分岐枝は、二本以上の前記第二の光伝送媒体で構成され、少なくとも一つの前記光分岐枝を構成する前記第二の光伝送媒体の本数が他の前記光分岐枝を構成する前記第二の光伝送媒体の本数と異なることを特徴とする光分岐結合器を提供する。

【0009】本発明の目的を達成するためには、第一の光伝送媒体の外径は、1.24mm以上、1.6mm以下乃至は、1.24mm以上、1.39mm以下であることが望ま

しい。

【0010】また本発明は、第一の光伝送媒体と第一の光伝送媒体に接続する送信用と受信用の光分岐枝とを有し、光信号の送信と受信を行う光伝送装置に接続して、前記光信号を第一の光伝送媒体を用いて伝送する分岐光ファイバであって、前記受信用光分岐枝が二本以上の第二の光伝送媒体で構成され、前記送信用光分岐枝が第三の光伝送媒体で構成され、前記第一の光伝送媒体端面において、前記第二の光伝送媒体と前記第三の光伝送媒体と接続され、前記第一の光伝送媒体の前記端面において、第二の光伝送媒体断面の総断面積が、前記第三の光伝送媒体断面の総断面積よりも大きいことを特徴とする分岐光ファイバを提供する。

【0011】本発明の目的を達成するためには、光伝送装置に接続する光ファイバ径 d に対し、前記第一の光伝送媒体の外径 D が、 $1.24d \leq D \leq 1.6d$ を満たすことが望ましく、特に $1.24d \leq D \leq 1.39d$ を満たすことが望ましい。

【0012】さらに本発明は、光信号を第一の光伝送媒体に送出する光源と前記第一の光伝送媒体からの光信号を検出する光検出器と前記第一の光伝送媒体を接続する光コネクタとを有する光伝送装置において、前記光検出器と前記第一の光伝送媒体とを二本以上の第二の光伝送媒体で接続し、前記光源と前記第一の光伝送媒体とを第三の光伝送媒体で接続したことを特徴とする光伝送装置を提供する。

【0013】またさらに本発明は、光信号を第一の光伝送媒体に送出する光源と第一の光伝送媒体からの光信号を検出する光検出器と第一の光伝送媒体を接続する光コネクタとを有する光伝送装置において、前記光源と前記第一の光伝送媒体とを第二の光伝送媒体で接続し、前記光検出器と前記第一の光伝送媒体とを光学部材を用いて接続し、前記第二の光伝送媒体を前記光伝送媒体に設けた孔部を通して配したことを特徴とする光伝送装置を提供する。

【0014】発明の光分離結合器、分岐光ファイバ、単芯双方向光伝送装置において、全二重光通信を行うことが可能である。

【0015】

【発明の実施の形態】はじめに、本発明の第1の実施形態を図1から図3を用いて説明する。

【0016】図1は、本実施形態に係わる二分岐光ファイバの光分岐結合器部を示す。図1(a)は斜視図、図1(b)は平面断面図である。伝送用光ファイバ40は、フェルール20に固定され、送信用光ファイバ44と受信用光ファイバ46はフェルール22に固定されている。フェルール20とフェルール22は、スリーブ24を用いて光ファイバ端面を突き合わせるように接続されている。フェルール20とフェルール22との接合面は、光学接着剤または紫外線硬化樹脂を用いて接着・固

5.

定した。スリーブ24は割りスリーブとなっており、隙間より接着剤を注入し固着した。このように伝送用光ファイバと送信用光ファイバ、受信用光ファイバの間に光学接着剤または紫外線硬化樹脂等の光学部材を挿入することにより、端面での反射損失を大幅に低減できる。光学接着剤または紫外線硬化樹脂等の固体の光学部材以外にも、光ファイバコアに屈折率の近い液体を用いることもできる。

【0017】本実施例においては、伝送用光ファイバ40、送信用光ファイバ44及び受信用光ファイバ46にプラスチック光ファイバ（以下、POFと記す）を用いた。伝送用光ファイバ40には、コア径1.31mm、開口数0.5のものをを用いた。伝送用光ファイバ40に用いたPOFには、コア材として熱硬化性シリコンゴム、クラッド材としてテトラフルオロエチレン／ヘキサフルオロプロピレン／ビニリデンフルオリド共重合体を用いている。このPOFは耐熱性が高く、150℃において3000時間保持しても伝送損失の増加は1.0dB以下である。また、コア材に架橋アクリル樹脂を用いた場合には、130℃において3000時間保持した場合の伝送損失の増加が1.0dB以下であるPOFとすることができる。このような耐熱性POFは、例えば車のエンジンルーム、電子レンジといった高温になる箇所に用いることに適している。このような機器の内部では小さな隙間を通して光ファイバを配置する必要もあり、単芯とすることで二芯の場合に比べて光ファイバの配線が容易となる。自動車においては、単芯とすることで通信システムを軽量化できるというメリットもある。また、この耐熱性POFは通常光通信に用いられるPMMAコアのPOFに比べて製造に手間がかかり、単芯とすることによる光ファイバ使用量低減の効果は大きい。またさらに、この耐熱性POFは柔軟性があるため、コア径1.5mm以上の太いPOFとしても柔軟性を確保できるという特徴がある。但し、本発明において伝送用光ファイバの種類を限定するものではなく、径、開口数、伝送損失、伝送帯域等、所望の仕様を満足するものであればよい。

【0018】また、本実施例においては、送信用光ファイバ44と受信用光ファイバ46にはファイバを束ねたファイバアレイを用いた。送信用光ファイバ44と受信用光ファイバ46により光分岐結合器の光分岐枝を構成する。送信用光ファイバ42には、コア径（直径）0.44mm、開口数0.5のPMMAコアPOFを3本用いてファイバアレイとし、受信用光ファイバ44は、同じPOFを4本用いてファイバアレイとした。

【0019】本実施例においては、POFを用いておりファイバの径が太いため接合部での位置合わせに裕度があるので、フェルール20、22、スリーブ24にはプラスチックを用いてもよく、フェルール20、22、スリーブ24を容易に透明にすることができる。フェル

6

ル20、22、スリーブ24を透明にすることにより、フェルール20、22の接着・固定に紫外線硬化樹脂を用いることができる。また、フェルール、スリーブを射出成形によっても作製でき、大量に作製することも可能である。

【0020】本発明における光分岐結合器は光ファイバ同士を接続すればよく、従来の光分岐結合器分岐を用いる場合よりも接続個所が少なく接続に伴う損失が少ない。さらに、光ファイバを用いるため、従来の光分岐結合器のように作製誤差による損失の影響が小さく、過剰損失を少なくできる。また、作製が容易であり製作時の不良率を低減できる。

【0021】図2に光コネクタを接続した二分岐光ファイバの側面図を示す。接合部及び光コネクタ端部での光ファイバアレイの配置も合わせて示した。光分岐結合器部30の接合部において、送信用光ファイバ44と受信用光ファイバ46は、伝送用光ファイバ42の外径に納まるように配置されている。送信用光ファイバ44に3本、受信用光ファイバ46に4本、計7本のPOFを用いている。このように、伝送用光ファイバ42との接合端面において、受信用光ファイバ46の本数を送信用光ファイバ44よりも多くすることにより、伝送用光ファイバ42からの受信光の分岐損失を小さくすることができる。本実施例においては、送信用光ファイバ44と受信用光ファイバ46に同じ光ファイバを用いているが、機能に応じて仕様の異なるものを用いることもできる。例えば、送信用光ファイバ44には、伝送用光ファイバ42よりも開口数の小さなものを用いることで、送信用光ファイバ44からの光信号を効率良く伝送用光ファイバ42に結合できる。また、受信用光ファイバ46には、伝送用光ファイバ42よりも開口数の大きなものを用いることで、伝送用光ファイバ42からの光信号を効率良く受信用光ファイバ46に結合できる。ファイバ径についても送信用光ファイバ44と受信用光ファイバ46で異なってもよい。ファイバ径を異なるようにする場合においても、伝送用光ファイバ42との接合端面において、受信用光ファイバ46の総断面積を送信用光ファイバ44の総断面積よりも大きくすることにより、伝送用光ファイバ42からの受信光の分岐損失を小さくすることができる。本実施例においては、受信用光ファイバ46の総断面積が送信用光ファイバ44の総断面積の1.33倍となっている。受信用光ファイバ46の総断面積が送信用光ファイバ44の総断面積の1.25倍以上とすると、総断面積を同じにする場合よりも、1.0dBの受信光量向上が見込めるため望ましい。

【0022】本実施例においては、送信用光ファイバ44と受信用光ファイバ46の7本の光ファイバを、中心の光ファイバを6本の光ファイバで取り囲むように配置した。中心の光ファイバを送信用とすることにより、光分岐結合器部30の接合部において多少の芯ずれが起

7

でも入射光の光損失を少なくできる。さらに、送信用のファイバアレイは固めて配置し、受信用ファイバアレイと接する個所を少なくすることで、送信用光ファイバから受信用光ファイバに回り込むクロストークを少なくすることができる。またさらに、送信用光ファイバ44の本数よりも受信用光ファイバ46の本数を多くすることにより、接合部において送信用光ファイバ44側に入射して生じる損失を少なくできるので望ましい。二芯用光コネクタ48においては、送信用光ファイバ44の3本は三角形、受信用光ファイバ46の4本は四角形となるように配置されている。

【0023】二芯用光コネクタ48には、PNコネクタを用いた。このPNコネクタは、ATMフォーラムにおけるPOF用コネクタに採用されており、用いるPOFは、コア径 $980 \pm 49 \mu\text{m}$ 、外径 $1000 \pm 50 \mu\text{m}$ と規定されている。本実施例に用いたPNコネクタを、従来の二芯用光伝送装置に接続するためには、送信用光ファイバと受信用光ファイバの最外周における径が上記の外径に近いことが望ましい。本実施例においては、送信用光ファイバの外周径を 0.94mm 、受信用光ファイバを 1.06mm とした。

【0024】本実施形態において、送信用光ファイバ44あるいは受信用光ファイバ46の最外周径は、二芯用光コネクタ48を接続する光伝送装置に通常用いられる光ファイバ径 d 内に納まるように定めることが望ましい。送信用光ファイバ44の最外周を d とした場合には、伝送用光ファイバ径 D は、 $1.39d$ とすることが望ましく、受信用光ファイバ46の最外周を d とした場合には、伝送用光ファイバ径 D は、 $1.24d$ とすることが望ましい。ただし、送信用光ファイバ44の最外周径を $1.39d$ より大きくしても送信用光ファイバ44のファイバアレイ間に入射して生じる損失が低減し、全体としても損失がほとんど変化せず、送信用光ファイバ44の最外周径を $1.6d$ 以下とすればよいことを見出した。送信用光ファイバ44の最外周径を $1.6d$ より大きくすると、受信時に光検出器に入射する光量が少なくなり望ましくない。したがって、伝送用光ファイバ径 D は、

$$1.24d \leq D \leq 1.6d$$

とすることが望ましく、その中でも特に

$$1.24d \leq D \leq 1.39d$$

とすることが望ましい。本実施例に用いたPNコネクタ等、通信用に一般的に用いられているファイバ外形 1mm のPOFの場合には、伝送用光ファイバ径 D は、 1.24mm 以上、 1.6mm 以下が望ましく、そのなかでも 1.24mm 以上、 1.39mm 以下が望ましい。また、本実施例においては、送信用光ファイバあるいは受信用光ファイバに用いる光ファイバの径 a は、 $a = D/3$ となるようにすることが望ましく、上記の場合には、送信用光ファイバあるいは受信用光ファイバに用いる光ファイバの径

8

a として、 0.41mm 以上、 0.53mm 以下が望ましく、その中でも 0.41mm 以上、 0.47mm 以下が望ましい。

【0025】本実施例においては、送信用光ファイバ44及び受信用光ファイバ46に円形の光ファイバを用いたが、このファイバアレイのファイバの断面形状を正六角形とすると隙間なく配列することができ、伝送用光ファイバ40との接合部での光損失を低減することができる。あるいは、丸いPOFを整列・配置後、加熱・加圧して変形させ、隙間をなくすることもできる。ファイバアレイの配列の仕方によっては、断面形状が正三角形、あるいは正方形のものを用いても隙間なく配列することができる。

【0026】図3は、単芯双方向光伝送装置と二芯用光伝送装置を接続する二分岐光ファイバの正面図を示す。本実施例においては、二芯用光コネクタにPNコネクタ、一芯用光コネクタには光ミニジャック(OMJ)コネクタを用いた。一芯用光コネクタ50を単芯双方向光伝送装置82に接続し、二芯用光コネクタ48の受信用光ファイバからの光出力を測定したところ、 -14.2dBm であった。また、二芯用光コネクタ48を二芯用光伝送装置80に接続した場合、一芯用光コネクタ50からの光出力は -11.9dBm であり、二芯用光コネクタ48の送信用光ファイバからの光出力は、 -36.7dBm であった。なお、開口数 0.3 、コア径 $980\mu\text{m}$ のPOF 1m をそれぞれの光伝送装置に接続したときの光出力は、ともに -3.9dBm であった。二芯用光コネクタにおける受信光パワーに対するクロストークは -22.5dB と小さい。このクロストークが -20dB 以下であれば、クロストークによって生じるエラーレートは、 10^{-9} 以下となり、単芯の光ファイバを用いても全二重での双方向光通信が可能である。長さ 10m の伝送用光ファイバ40単体での光損失は、 6.7dB である。本実施例の配列において、送信用光ファイバへの光入射における光損失は、理論的には 1.25dB であり、光分岐結合器部での光損失は、 3.52dB であり、合計 4.77dB の損失が生じる。したがって、ファイバ同士を接合することによる損失は、 0.4dB となり、非常に低損失で接合できることが示される。伝送損失の小さいPMMA系コアを用いたPOFを伝送用光ファイバに用いれば、全体の損失をさらに小さくでき、伝送距離を長くすることができる。

【0027】また、伝送用光ファイバの両端に光分岐結合器部を設け、二芯用光伝送装置間を一芯の光ファイバで接続することもできる。この場合の伝送光パワーは、 -16.1dBm であった。また、受信光パワーに対するクロストークは、 -20.8dB であり、十分に小さいエラーレートで全二重光通信が可能である。このように、本発明の二分岐光ファイバは、光分岐結合器部での接続に伴う光損失が少なくかつクロストークが少ないため、単芯双方向光伝送装置あるいは二芯用光伝送装置

と二芯用光伝送装置間において全二重での双方向光通信が可能である。

【0028】本発明の第2の実施形態を図4を用いて説明する。

【0029】図4は、本実施形態に係わる光分岐結合器の斜視図である。伝送用光ファイバ40と送信用光ファイバ44、受信用光ファイバ46とは、ファイバ接続管26を用いて接続されている。ファイバ接続管26には、スリット部28が設けられており、スリット部28より、光学接着剤又は紫外線硬化樹脂を注入して、伝送用光ファイバ40と送信用光ファイバ44、受信用光ファイバ46との接続部を固定する。伝送用光ファイバ40と送信用光ファイバ44、受信用光ファイバ46との間に光学接着剤又は紫外線硬化樹脂を充填することにより光学的に接続することができる。スリット部より注入することで、泡等が混入することなく光ファイバ間の良好な光接続が得られる。本実施例においては、ファイバ接続管26に伝送用光ファイバ40と送信用光ファイバ44、受信用光ファイバ46を差込み、突き合わせて位置合わせすることができるので、部品点数、作業工数が少なくてすむ。

【0030】本発明の第3の実施形態を図5を用いて説明する。

【0031】図5は、本実施形態に係わる二分岐光ファイバの側面図を示す。本実施形態においては、光分岐結合器部を光コネクタとし、取り外し可能とした。また、伝送用光ファイバ40には、長さ10mのPMMAコアPOFを用いた。これら以外の仕様については、第一の実施形態と同じとした。伝送用光ファイバ40には、接続用一芯光コネクタ52aが取り付けられ、送信用光ファイバ44及び受信用光ファイバ46は接続用一芯光コネクタ52bに固定されている。接続用一芯光コネクタ52aと接続用一芯光コネクタ52bとは、中継用コネクタ54を用いて接続した。中継用コネクタ54には、割スリーブが入っており、接続用一芯光コネクタ52a、52bのフェルルを芯ずれなく接合できる。

【0032】開口数0.3，コア径980 μ mのPOF1mを光伝送装置に接続したときの光出力の測定値は、-3.9dBmであるのに対し、受信用光ファイバ46からの光出力は-15.0dBmであった。また、送信側と同じ側の受信用光ファイバ46からのクロストークは、-31.9dBmであった。したがって、送信用光ファイバ44への入射光量に対するクロストークは-28dBであり、受信光パワーに対するクロストークは-16.9dBである。このクロストーク量においては、クロストークにより生じるエラーが増加するが、エラー補正やエラー発生時のデータの再送等の対策により全二重光通信可能な範囲にある。クロストーク量を変えて光通信を行ったところ、受信光パワーに対するクロストークが-12dB以下において全二重光通信可能であ

った。プラスチック光ファイバを用いた光通信において、エラーレートを10⁻⁹以下とするためには、光ファイバによる損失を13dB以下とする必要がある。したがって、送信用光ファイバに入射する光量に対してクロストーク量を-25dB以下とすれば、受信光量に対するクロストークを-12dB以下とすることができる。また、受信光量に対するクロストークを-20dB以下とするためには、送信用光ファイバに入射する光量に対してクロストーク量を-33dB以下とする必要がある。

【0033】本実施形態においては、光分岐結合器部において伝送用光ファイバ40と送信用光ファイバ44、受信用光ファイバ46とを接触させ接続している。伝送用光ファイバ40と送信用光ファイバ44との間隔が狭く、さらに、送信用光ファイバ44からの光信号が伝送用光ファイバ40の端面にほぼ垂直に入射するため、光分岐結合器部での伝送用光ファイバから反射光はほとんど送信用光ファイバに戻り、受信用光ファイバへの漏れ込みは少ない。そのため、光コネクタを用いて接続してもクロストークは少なく、全二重光通信が可能となる。

【0034】本発明の第4の実施形態を図6を用いて説明する。

【0035】図6は、本実施形態に係わる光分岐結合器における光ファイバ配置図及び二芯用光コネクタにおける光ファイバの配置図である。本実施例では、光分岐結合器部において伝送用光ファイバに相対して19本の光ファイバを配し、7本を送信用光ファイバ44、12本を受信用光ファイバ46とした。光分岐結合器部において光ファイバは蜂の巣状に配置されており、中心の光ファイバを送信用光ファイバ44とした。また、送信用光ファイバ44は固めて配置されており、中心から外周部にかけて配されている。このように配することにより効率よく伝送用光ファイバ40に光結合できるとともに、受信用光ファイバ46に回り込むクロストークを少なくすることが出来る。7本の送信用光ファイバ44と12本の受信用光ファイバ46は、図のように左右上下に対して対称に配置することができ、円形の光コネクタ挿入口に効率よく配置することができる。伝送用光ファイバ40は、送信用光ファイバ44、受信用光ファイバ46を配置した場合の最外周よりも小さくした。このようにすることで、送信時には光損失が生じるが、受信時の光損失を少なくでき、全体としての損失を低減できる。本実施例においては、送信用光ファイバ44、受信用光ファイバ46の光ファイバ径dに対して、伝送用光ファイバの径Dは、

$$4.46d \leq D \leq 5d$$

が望ましい。本実施例においては、 $d = 0.33\text{mm}$ 、 $D = 1.47\text{mm}$ とした。

【0036】本発明の光分岐結合器における光ファイバの本数・配列は、上記実施例に限定するものではなく、

さらに本数を増やしてもよい。本数を増やすことにより、送信用光ファイバ、受信用光ファイバを円形に近く配列することができ、光伝送装置との光結合効率を向上することができる。また、二分岐光ファイバを光の合波、分岐に用いてもよい。また、これまで、送信・受信用の二分岐の実施例により本発明の実施形態を説明してきたが、さらに多くの分岐を形成してもよい。

【0037】次に、本発明の第5の実施形態を図7及び図8を用いて説明する。

【0038】図7は、本実施形態に係わる単芯双方向光伝送装置の上方断面図を示す。単芯双方向光伝送装置82のコネクタ差込口70に、一芯用光コネクタ50を差込み、光ファイバを接続する。本実施例においては、一芯用光コネクタ50にOMJコネクタを用いた。一芯用光コネクタ50は、バネ76で押されたコネクタ押え74でコネクタ固定部材72に押さえつけられ、所定の位置に固定される。コネクタ固定部材72には、短尺な送信用光ファイバ44と受信用光ファイバ46が固定されており、一芯用光コネクタの光入射端に相対するように配されている。送信用光ファイバ44のもう一端には光源素子10が接続されている。光源としては、半導体レーザあるいは発光ダイオードを用いる。また、受信用光ファイバ46の一端には光検出器素子16が接続されている。駆動回路（図示せず）により変調駆動された光源素子10からの光信号は、送信用光ファイバ44を通して伝送用光ファイバ40に結合される。伝送用光ファイバ40を伝送してきた光信号は、受信用光ファイバ46を通り光検出器素子16により検出される。光検出器素子16で検出された信号は、検出回路（図示せず）により電気信号として出力される。光源素子10と光検出器素子16は離して配置しており、光源素子10からの光信号が直接光検出器に入射しないようにしている。

【0039】図8に光コネクタとの接合部における送信用光ファイバ44と受信用光ファイバ46の配置を示す。送信用光ファイバ44として1本、受信用光ファイバ46として6本の光ファイバを配しており、送信用光ファイバ44は外周部に配置している。送信用光ファイバ44を外周部に設けることにより、中心部に設けた場合よりもクロストークを低減できる。また、受信用光ファイバ46の本数を送信用光ファイバ44よりも多くすることにより受信時の光損失を少なくすることができる。本実施例においては、伝送用光ファイバ40に外径1mmのPMMAコアPOFを用いたため、送信用光ファイバ44、受信用光ファイバ46には、外径0.33mmのPOFを用いた。このように径が大きい場合、光源素子10、光検出器素子16との位置合わせは容易に行うことができる。送信用光ファイバ44、受信用光ファイバ46と伝送用光ファイバ40の端面は平行となるため、送信用光ファイバ44からの光信号のうち伝送用光ファイバ40の端面で反射した光は、そのほとんどが送

信用光ファイバ44へ戻るため、受信用光ファイバ46に漏込むクロストークは少なく、単芯の光ファイバを用いて全二重光通信を行うことができる。また、光ファイバを用いて光源からの光信号を伝送用光ファイバに入射し、伝送用光ファイバからの光信号を光ファイバを用いて光検出器に結合するため、光結合時に信号光が広がらないため、レンズ等の精密な光学部品が必要なく、また受光径の小さな光検出器を用いることができる。さらに、光源・光検出器と接続する光伝送媒体に光損失の少ない光ファイバを用いることができるので、光源、光検出器と伝送用光ファイバ間を光損失を少なく結合することができる。ただし、低損失な光導波路を光ファイバに代わる光伝送媒体として用いることができる。

【0040】本発明の第6の実施形態を図9及び図10を用いて説明する。図9は、本実施形態に係わる単芯双方向光伝送装置の光学系を示す斜視図である。光源素子用台座12上に設けられた光源素子10には、送信用光ファイバ44が接合されている。送信用光ファイバ44は、プリズム60に形成されたファイバ固定用孔を通して固定され、その一端は伝送用光ファイバ40に相対している。光源素子10からの光信号は、送信用光ファイバ44を通して伝送用光ファイバ40に結合される。伝送用光ファイバ40からの光信号は、プリズム60に入射し、反射膜66で反射して基板68に形成された光検出器素子16で検出される。

【0041】図10に伝送用光ファイバ40側から見た単芯双方向光伝送装置の光学系の正面図を示す。送信用光ファイバ44の回りには遮光部64が設けられており、送信用光ファイバ40の端面で反射して戻ってきた光がプリズムに入らないようにしており、クロストークを抑えることができる。プリズムといった平面で構成される光学部材においては平面を平坦に研磨できるため、反射に伴う損失を非常に小さくすることができる。

【0042】本発明の単芯双方向光伝送装置の光学系をフローティングとし、挿入された光コネクタに押し付けるようにしてもよい。このようにすることで、伝送用光ファイバと送信用光ファイバとを接触させ、クロストークを少なくすることができる。送信用光ファイバを用いることにより、光源と光検出器を離して設置できるため、光学的・電氣的なクロストークを抑制することができる。また、プリズム60を用いることにより伝送用光ファイバからの光信号の光検出器への結合が容易となる。

【0043】本発明の第7の実施形態を図11を用いて説明する。

【0044】図11は、本実施形態に係わる光通信装置の回路ブロック図である。光源素子10、光源素子10を駆動する駆動回路92、光検出器素子16、光検出器素子16からの電気信号を増幅・波形整形する検出回路94、光コネクタ部30及び一芯用光コネクタ50を含

13

む単芯双方向光伝送装置 82 は、相手側の光伝送装置との間で光通信を行う。光通信装置 90 は、単芯双方向光伝送装置 82、物理層回路 96、リンク層回路 98 等で構成されている。物理層回路 96 は、入力信号を変調する変調回路、単芯双方向光伝送装置 82 で検出した信号を復調し出力する復調回路を含み、光通信に適した符号化、複数のノードが繋がったときに信号を送信するノードを決める調停、単芯双方向光伝送装置 82 に相手側の光伝送装置が接続されたかどうかを管理する接続管理、等を行う。符号化は具体的には、クロック信号を再生できるように符号を付加した 4B/5B または 8B/10B 符号に変換する。また、リンク層回路 98 では、光通信装置を接続するホストと物理層回路とをインターフェースし、パケットの送受信を行う。本発明においては、単芯双方向光伝送装置 82 においてクロストークを低減したため、単芯の光ファイバを用いて全二重光通信を行うことができる。本発明の第一の実施形態に示した単芯双方向光伝送装置と二芯用光伝送装置を接続する二分岐光ファイバを用いれば、光通信装置 90 を二芯用光通信装置と接続し、全二重で光通信をすることができる。この場合に、相手の光通信装置と通信プロトコルが異なる場合には、物理層回路 96 によりプロトコルを変換するようにすればよい。

【0045】

【発明の効果】 上記のごとく、本発明の光分岐結合器は、構成が簡単であり、損失を小さくすることができる。また、分岐光ファイバ、単芯双方向光伝送装置の光学的なクロストークを小さくすることができ、全二重で単芯双方向光通信可能な光分岐結合器、分岐光ファイバ、単芯双方向光伝送装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 の実施形態に係わる二分岐光ファイバの光分岐結合器部を示す斜視図及び平面断面図である。

【図 2】 本発明の第 1 の実施形態に係わる二分岐光ファイバの斜視図である。

14

* 【図 3】 本発明の第 1 の実施形態に係わる単芯双方向光伝送装置と二芯用光伝送装置を接続する二分岐光ファイバの正面図の斜視図である。

【図 4】 本発明の第 2 の実施形態に係わる光分岐結合器の斜視図である。

【図 5】 本発明の第 3 の実施形態に係わる二分岐光ファイバの側面図である。

【図 6】 本発明の第 4 の実施形態に係わる光分岐結合器における光ファイバ配置図及び二芯用光コネクタにおける光ファイバの配置図である。

【図 7】 本発明の第 5 の実施形態に係わる単芯双方向光伝送装置の上方断面図である。

【図 8】 本発明の第 5 の実施形態に係わる光コネクタとの接合部における送信用光ファイバと受信用光ファイバの配置図である。

【図 9】 本発明の第 6 の実施形態に係わる単芯双方向光伝送装置の光学系を示す斜視図である。

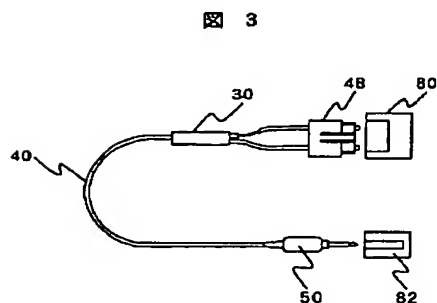
【図 10】 本発明の第 6 の実施形態に係わる単芯双方向光伝送装置の光学系の正面図である。

【図 11】 本発明の第 7 の実施形態に係わる光通信装置の回路ブロック図である。

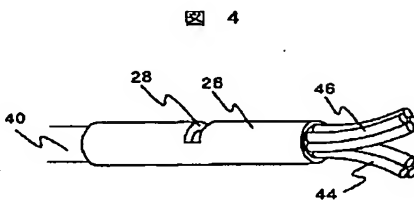
【符号の説明】

10…光源素子、12…光源素子用台座、16…光検出器素子、18…光検出器パッケージ、20、22…フェルルール、24…スリーブ、26…ファイバ接続管、28…スリット部、30…光分岐結合器部、40…伝送用光ファイバ、44…送信用光ファイバ、46…受信用光ファイバ、48…二芯用光コネクタ、50…一芯用光コネクタ、52a、52b…接続用一芯光コネクタ、54…中継用コネクタ、60…プリズム、62…ファイバ固定用孔、64…遮光部、66…反射膜、68…基板、70…コネクタ挿入口、72…コネクタ固定部材、74…コネクタ押え、76…バネ、80…二芯用光伝送装置、82…単芯双方向光伝送装置、90…光通信装置、92…駆動回路、94…検出回路、96…物理層回路、98…リンク層回路。

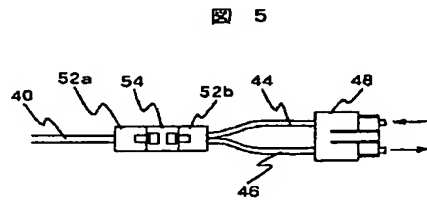
【図 3】



【図 4】

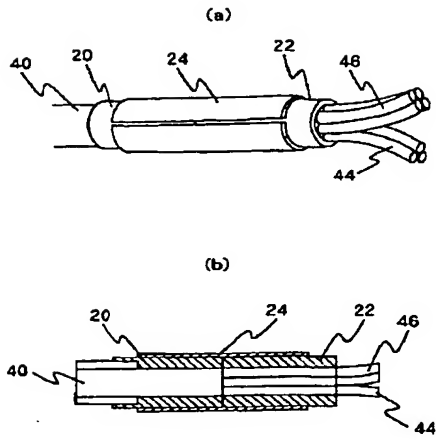


【図 5】



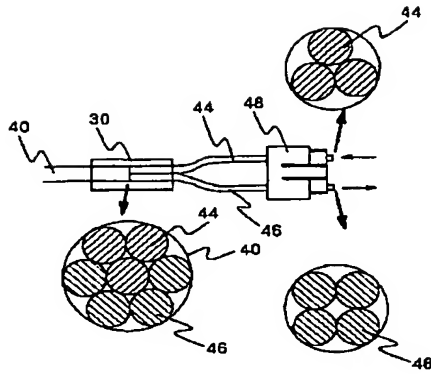
【図 1】

図 1



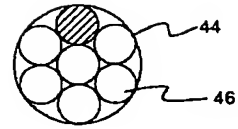
【図 2】

図 2



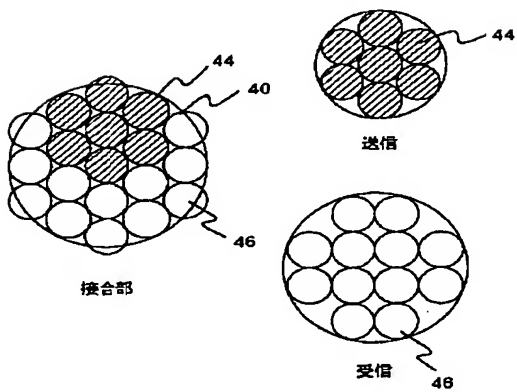
【図 8】

図 8



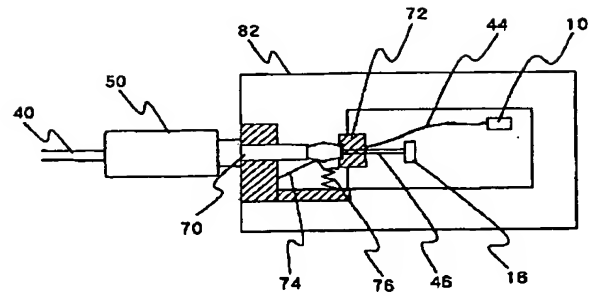
【図 6】

図 6



【図 7】

図 7

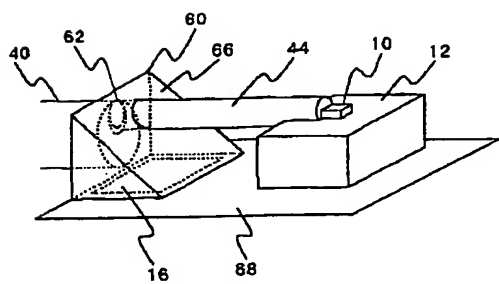


【図 11】

図 11

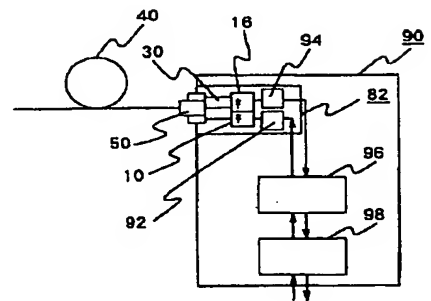
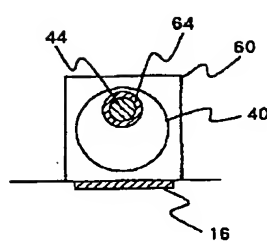
【図 9】

図 9



【図 10】

図 10



フロントページの続き

(72)発明者 阿部 富也
茨城県日立市日高町五丁目1番1号 日立
電線株式会社総合技術研究所内
(72)発明者 平野 光樹
茨城県日立市日高町五丁目1番1号 日立
電線株式会社総合技術研究所内

Fターム(参考) 2H036 JA01 JA04 MA05 QA59
2H037 AA01 BA02 BA11 BA31 BA35
CA32
5K002 AA05 BA04 BA13 BA14 BA21
BA31 BA33 DA03 DA05 DA42
FA01 FA02

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.